



Net Zero Deforestation - NZD



INFORME FINAL DE LA CONSULTORÍA ASISTENCIA TÉCNICA PARA EL ANÁLISIS DE LA COBERTURA Y USO DE LA TIERRA PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA PROVINCIA DE PICOTA.



Junio 2014

La presente publicación se elaboró para ser revisada por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). La misma fue preparada por: **Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral - AIDER**

ASISTENCIA TÉCNICA PARA EL ANÁLISIS DE LA COBERTURA Y USO DE LA TIERRA PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA PROVINCIA DE PICOTA.

Elaboración del Mapa de Cobertura y Uso Actual de Tierras de la provincia de Picota, para el año 2013, a escala 1/50,000 aplicando la metodología Corine Land Cover – Perú, adaptado al ámbito de la provincia de Picota - San Martín.

Esta publicación ha sido posible gracias al apoyo brindado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional en Colombia, Ecuador y Perú, bajo los términos del **contrato No. AM ANDINA 00550/2013**.

Net Zero Deforestation-NZD es implementado por un consorcio de empresas y organizaciones como: Amazon Conservation Team (ACT); Coordinadora de las Organizaciones Indígenas de la Cuenca Amazónica (COICA); Centro de Conservación, Investigación y Manejo de Áreas Naturales (CIMA); Federación Indígena de la Nacionalidad Cofán del Ecuador (FEINCE) y El Gobierno Provincial de Sucumbíos (GADPS).

Descargo de Responsabilidad

Los contenidos y opiniones expresadas en este documento pertenecen al autor y no reflejan necesariamente las opiniones de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), el Gobierno de los Estados Unidos de América o TNC.

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	4
I. INTRODUCCIÓN.....	5
II. METODOLOGÍA.....	9
III. DESCRIPCIÓN DE LA CLASIFICACIÓN DE COBERTURA DE USO ACTUAL DEL TERRITORIO DE LA PROVINCIA DE PICOTA.....	16
IV. CONCLUSIONES.....	30
V. DIFICULTADES ENCONTRADAS.....	30
VI. RECOMENDACIONES.....	30
VI. BIBLIOGRAFIA.....	31
ANEXOS.....	32

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Características de las imágenes Landsat 8 OLI.....	8
Cuadro 2: Leyenda para la metodología CORINE Land Cover adaptada para Perú.....	10
Cuadro 3: Comparación de resultados de diferentes métodos.....	15
Cuadro 4: Representación de los tipos de coberturas y uso del territorio en la Provincia de Picota.....	16
Cuadro 5: Representación de los tipos de coberturas y uso del territorio en los distritos de la provincia de Picota.....	17

RESUMEN

El proyecto CORINE Land Cover surgió con la necesidad de contar con información respecto a la cobertura y usos del territorio de la Unión Europea, mediante la interpretación a través de imágenes satelitales. Esta experiencia fue tomada y adaptada para países miembros de la Comunidad Andina, mediante el proyecto "Análisis de las dinámicas de cambios de cobertura y uso de la tierra", cofinanciado por la secretaria general de la Comunidad Andina (CAN), Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM) y el Ministerio del Ambiente (MINAM).

El MINAM en cumplimiento a sus funciones y competencias asignadas en materia de Ordenamiento Territorial, emitió la Resolución Ministerial N° 135-2013-MINAM¹, que aprueba la Guía Metodológica para la elaboración de los Instrumentos Técnicos Sustentatorios para el Ordenamiento Territorial. En esta guía se menciona al Estudio de análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra, y a la actualidad vienen elaborando las guías de procedimiento metodológico que incluirá el uso de CORINE Land Cover.

En ese sentido, el presente estudio no podría ser ajeno a un proceso nacional ya encaminado respecto al ordenamiento territorial, y a la utilización de una metodología que por experiencias anteriores en trabajos similares, permite alcanzar los objetivos perseguidos en cuanto a la identificación, delimitación y denominación de las diferentes coberturas y usos del territorio.

Como resultados del desarrollo del presente estudio, se identificaron las siguientes coberturas y usos del territorio de la provincia de Picota: Tejido urbano continuo, cultivo de arroz (en tres estados: bajo riego, en producción y terreno para siembra), pastos, áreas agrícolas heterogéneas, bosque denso alto, vegetación secundaria o en transición, áreas arenosas naturales, afloramientos rocosos, salares y ríos.

¹ <http://sinia.minam.gob.pe/index.php?accion=verElemento&idElementoInformacion=1348>

I. INTRODUCCIÓN

El presente documento muestra el resultado del estudio de cobertura y uso actual del territorio de la provincia de Picota ubicado en el departamento de San Martín. El estudio consiste en identificar, delimitar y representar cartográficamente mediante el uso de las clases dadas por la leyenda CORINE Land Cover la distribución espacial de los principales tipos de cobertura y uso del territorio en la provincia de Picota.

CORINE Land Cover (CLC) es una leyenda jerárquica, que vincula distintos niveles de detalle espacial (escala espacial) con distintos niveles de detalle temático (ARNILLAS, C., *et al.* 2012). En principio la Leyenda CLC adaptada al Perú es una leyenda jerárquica de 4 niveles con 74 clases de coberturas y usos de la tierra. Nivel I (6u), Nivel II (19u), Nivel III (43u), Nivel IV (6u) la propuesta de una leyenda estándar permite realizar comparaciones entre las unidades establecidas a nivel Nacional (MINAM, 2012).

El Mapa de cobertura y uso actual de las Tierras, permite conocer sin necesidad de recorrer el medio rural, la orientación y distribución espacial de las principales coberturas naturales del suelo, así como las actividades económicas y productivas de un lugar determinado, en un espacio de tiempo determinado. Esta Información puede servir como punto de partida para tomar decisiones públicas o privadas tendientes a efectuar o implementar programas de ordenamiento territorial, como consecuencia de la aplicación de recomendaciones técnicas propuestas por los estudios de Zonificación Ecológica y Económica, orientadas hacia el desarrollo rural sostenible.

1.1 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Elaborar el Mapa de Cobertura y Uso Actual de Tierras de la provincia de Picota, para el año 2013, a escala 1/100,000 aplicando la metodología CORINE Land Cover - Perú, adaptada al ámbito de la provincia de Picota - San Martín.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

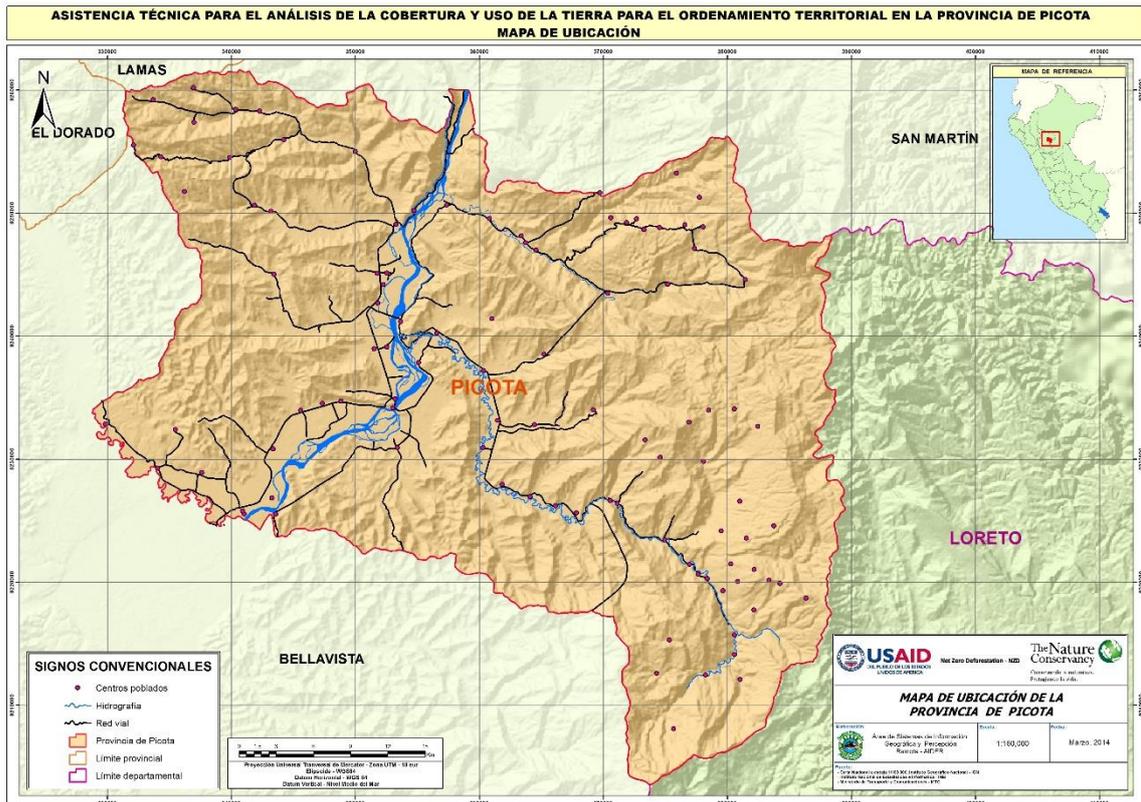
- Realizar el mapa de la cobertura y uso actual de tierras de la provincia de Picota, para el año 2013, a una escala de 1/100,000, aplicando la leyenda CORINE Land Cover propuesta adaptada para Picota
- Definir las unidades locales e incorporarse en el esquema de la leyenda de CORINE Land Cover - Perú escala 1/100,000 del ámbito de la provincia de Picota.
- Generar la memoria descriptiva y protocolos que permitan comprender los procedimientos empleados para el análisis de la cobertura y uso actual de tierras de la provincia de Picota.

1.2 MARCO LEGAL

- Constitución Política del Perú.
- Decreto Ley 22660, Tratado de Cooperación Amazónica (28AGO79) desarrolla la metodología de la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE).
- Ley 26821, Ley de Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales (26JUN97), otorga importancia a la ZEE dentro del proceso de ordenamiento territorial a fin de evitar conflictos por superposición de títulos y usos inapropiados del suelo.
- Ley 26839, Ley Orgánica sobre Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica (16JUL97) que en cumplimiento de lo establecido en el art. 69 de la Constitución Política del Perú - CPP, debe promover la incorporación de criterios ecológicos para la conservación de la diversidad biológica en los procesos de ordenamiento ambiental y territorial.
- Ley 27308, Ley Forestal y de Fauna Silvestre (16JUL00), establece que la Zonificación Forestal se realiza en base a la Zonificación Ecológica Económica.
- D.S. 045-2001-PCM (26ABR01), declara de interés nacional el ordenamiento territorial ambiental en todo el País. Crea la Comisión Nacional de Ordenamiento Territorial Ambiental.
- D.S. 068-2001-PCM, Reglamento de la Ley 26839 (21JUN01), establece que el ordenamiento ambiental se basará en la ZEE.
- Ley 27783, Ley de Bases para la Descentralización (21JUL02), señala que uno de los objetivos para fortalecer la descentralización es el Ordenamiento Territorial y del entorno ambiental, desde los enfoques de la sostenibilidad del desarrollo.
- Ley 27795, Ley de Demarcación y Organización Territorial (25JUL02), establece los criterios y procedimientos técnicos para el tratamiento de demarcación territorial así como el saneamiento de límites y la organización racional del territorio.
- Ley 27687, Ley Orgánica de Gobiernos Regionales (18NOV02), dice que es función de los gobiernos regionales formular, aprobar, ejecutar, evaluar, dirigir, controlar y administrar los planes y políticas en materia ambiental y de ordenamiento territorial, en concordancia con los planes de los Gobiernos Locales.
- Ley 27972, Ley Orgánica de Municipalidades (27MAY03), establece planificar integralmente el desarrollo local y el ordenamiento territorial, en el nivel provincial.
- D.S. Nº 027-2003-VIVIENDA - Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano aborda exclusivamente las competencias de las municipalidades en materia del planeamiento urbano. El Plan de Acondicionamiento Territorial se define, en el artículo 4º, como el instrumento de planificación que permite el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, la distribución equilibrada de la población y el desarrollo de la inversión pública y privada en los ámbitos urbano rural del territorio provincial.
- Ley 28245, Ley del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (08JUN04). El MINAM debe asegurar la transectorialidad y la debida coordinación de la aplicación de instrumentos de gestión y planificación como el establecimiento de políticas, criterios, metodologías y directrices para el ordenamiento territorial.
- D.S. 031-2008-AG, Reglamento del D.L. 997, Ley de Organización y Funciones del MINAG (11DIC08), los GR y GL, deben hacer de conocimiento sobre la ZEE de nivel macro y meso al MINAG y directamente a las oficinas específicas con funciones vinculadas a utilizar la herramienta.

1.3 AMBITO DE ESTUDIO

El presente estudio se desarrolló para la provincia de Picota, la misma que forma parte de del departamento de San Martín, limita al norte con la provincia de San Martín y la provincia de Lamas, al este con el departamento de Loreto, al Sur con la provincia de Bellavista y al oeste con la provincia de El Dorado. La provincia de Picota se sitúa entre las coordenadas geográficas 06° 30' - 07° 00' Latitud Sur y 76° 30' - 77° 00' de Longitud Oeste.



Mapa 1: Mapa de ubicación del área de estudio – Provincia de Picota

1.4 MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales Cartográficos:

Los materiales cartográficos utilizados en el presente estudio fueron:

- *Imágenes de satélite Landsat 8 sensor OLI del año 2013*: En principio estas imágenes están conformadas por 11 bandas (Ver cuadro 1), de las cuales para el desarrollo de la metodología empleada en el presente estudio se hizo uso de 6 bandas; 3 del visible (bandas 2, 3 y 4), 1 del infrarrojo cercano (banda 5) y 2 del infrarrojo de longitud de onda corta (bandas 6 y 7). El criterio de selección de las imágenes a usar fue el porcentaje de nubes, que para este caso fue de 22 %, siendo éste el menor porcentaje encontrado para la zona de estudio.

Para el desarrollo del presente estudio se hizo uso de la escena ubicada en el path row 8-65, con fecha de captura del 27 de setiembre del 2013².

Cuadro 1: Características de las imágenes Landsat 8 OLI

Bandas	Centro de banda (um)	Descripción de la banda
1	0.433	Aerosol costero (Operational Land Imager (OLI))
2	0.482	Azul (OLI)
3	0.562	Verde (OLI)
4	0.655	Rojo (OLI)
5	0.865	Infrarrojo cercano (NIR) (OLI)
6	1.610	Infrarrojo de onda corta (SWIR) 1 (OLI)
7	2.200	Infrarrojo de onda corta (SWIR) 2 (OLI)
8	0.590	Pancromático (OLI)
9	1.375	Cirrus (OLI)
10	10.800	Sensor Infrarrojo térmico (TIRS) 1
11	12.000	TIRS 2

Fuente: USGS y NASA. 2013

- *DEM*: Se descargó el DEM correspondiente a la escena utilizada³.
- *Shapefiles básicos*: El uso de shapefiles básicos sirvió de referencia durante el proceso de clasificación y edición, dentro de los shapefiles usados están:
 - Límite regional
 - Límite provincial
 - Centros poblados
 - Perímetros de áreas urbanas
 - Hidrografía

Softwares:

Los programas utilizados para elaborar los mapas de la presente consultoría fueron los siguientes:

- Microsoft Office 2013 (Excel, Word, Power Point)
- ArcGIS 10.2
- Envi 4.8
- Envi 5.1

² Imagen descargada desde el servidor de U.S. Geological Survey (<http://glovis.usgs.gov/>)

³ DEM descargado desde <http://gdex.cr.usgs.gov/gdex/>

- Envi EX (Versión de prueba)
- R 3.0.2 (software libre)

Equipos:

- Computadora Core i7 / 6GB Ram / 1TB HDD / Monitor 22"
- Impresora
- Plotter

II. METODOLOGÍA

La recopilación de información sobre la temática de cobertura y uso actual del territorio, permitió contar con un marco metodológico para el desarrollo de este estudio, es así que, la metodología consistió en el uso de la leyenda CORINE Land Cover (CLC) adaptada para Perú a escala 1/100,000; propuesta por el Ministerio del Ambiente (MINAM), ente rector y regulador en el proceso de ordenamiento territorial a nivel nacional.

Además de analizar el uso de la metodología en el estudio, fue necesario realizar un taller de presentación de la Metodología al Equipo Técnico N° 1 de la Mesa REDD San Martín y del MINAM, a fin de realizar el estudio bajo los requerimientos técnicos necesarios (Ver Anexo 2: Lista de Participantes del Taller). Asimismo, en el taller se presentó la estructura de la leyenda, con la finalidad que, el equipo participante y conocedor de la zona en estudio contribuyera a definir las principales clases a ser identificadas en el mapa de cobertura y uso actual del territorio de la provincia de Picota.

De este modo se hizo participativo la metodología y la definición de las principales coberturas y usos del territorio de la provincia de Picota a ser representados en el mapa.

Para mayor especificidad de la metodología empleada revisar el documento conteniendo los protocolos desarrollados para el presente estudio.

2.1 Leyenda:

La leyenda usada para clasificar las diferentes coberturas y usos del territorio, es la propuesta dada por el Ministerio del Ambiente (MINAM). Esta leyenda cuenta con una estructura base constituida por 4 niveles con 74 clases de coberturas y usos de la tierra. Estos niveles se subdividen en: Nivel I (con 6 unidades), Nivel II (con 19 unidades), Nivel III (con 43 unidades), Nivel IV (con 6 unidades). Esta leyenda permite una clasificación y sub clasificación a las diferentes coberturas identificadas en el proceso.

La estructura base de la leyenda se presenta en el cuadro 2, sin embargo esta estructura puede ser enriquecida en la medida que la zona a clasificar lo requiera, tal es el caso del presente estudio, en el que se debieron añadir ciertas coberturas no especificadas en la propuesta del MINAM, pero que en el taller con el Equipo Técnico N° 1 de la Mesa REDD San Martín y del MINAM se vio conveniente incluir en el esquema de la leyenda (Ver Anexo 1).

Cuadro 2: Leyenda para la metodología CORINE Land Cover adaptada para Perú

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV	
1. Áreas Artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo		
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo		
	1.2. Áreas industriales e infraestructura	1.2.1. Áreas industriales o comerciales		
		1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados		
		1.2.3. Áreas portuarias		
		1.2.4. Aeropuertos		
		1.2.5. Obras hidráulicas		
	1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras	1.3.1. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos		
		1.3.2. Áreas de disposición de residuos		
	1.4. Áreas verdes artificializadas, no agrícolas	1.4.1. Áreas verdes urbanas		
1.4.2. Instalaciones recreativas				
2. Áreas Agrícolas	2.1 Cultivos transitorios			
	2.2 Cultivos permanentes			
	2.3 Pastos			
	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas			
	2.5 Mosaico de áreas agrícolas y áreas mayormente naturales			
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques	3.1.1. Bosque denso bajo		
		3.1.2. Bosque abierto bajo		
		3.1.3. Bosque denso alto		
		3.1.4. Bosque abierto alto		
		3.1.5. Bosque fragmentado		
	3.2 Bosques plantados			
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1 Herbazal	3.3.1.1 Herbazal denso	
			3.3.1.2 Herbazal abierto	
		3.3.2 Arbustal	3.3.2.1 Arbustal denso	
			3.3.2.2 Arbustal abierto	
		3.3.3 Vegetación secundaria o en transición	3.3.3.1 Vegetación arbustiva / herbácea densa	
			3.3.3.2 Vegetación arbustiva / herbácea abierta	
			3.3.4 Vegetación arbustiva / herbácea	
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.3.5 Arbustal / área intervenida		
		3.3.6 Herbazal / área intervenida		
		3.3.7 Arbustal-Herbazal/área intervenida		
		3.4.1. Áreas arenosas naturales		
3.4.2 Afloramientos rocosos				
3.4.3 Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)				
4.1. Áreas húmedas continentales	3.4.4 Áreas quemadas			
	3.4.5 Glaciares			
	3.4.6 Salares			
4. Áreas húmedas	4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.1. Áreas Pantanosas		
		4.1.2. Turberas y bofedales		
		4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua		
	4.2 Áreas húmedas costeras	4.2.1. Pantanos costeros		
		4.2.2. Salitral		
4.2.3. Sustratos y sedimentos expuestos en bajamar				
5. Superficies de Agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)		
		5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes		
		5.1.3. Lagunas, lagos y ciénagas naturales estacionales		
		5.1.4. Canales		
		5.1.5. Cuerpos de agua artificiales		
	5.2 Aguas costeras	5.2.1. Lagunas costeras		
		5.2.2. Mares y océanos		
		5.2.3. Estanques para acuicultura marina		
6. Nubes	6.1 Nubes			
	6.2 Sombras			

Fuente: MINAM, 2012

2.2 Métodos para la clasificación de la Cobertura y Uso del territorio

Se encontraron algunos enunciados dados por el MINAM en su informe final del proyecto "Análisis de las dinámicas de cambio de cobertura de la tierra en la Comunidad Andina", en los que se hace mención a las metodologías que podrían adecuarse para la determinación de los diferentes tipos de coberturas, los mismos que se detallan a continuación:

Entre los métodos probados para la determinación de los diferentes tipos de cobertura están los métodos **no supervisados**, **supervisados** e **interpretación visual**. Los métodos no supervisados buscan recuperar la información contenida en la imagen. Estos métodos buscan criterios de separabilidad de la información que hay en ella misma para identificar patrones que luego son analizados por el intérprete. Los sistemas de clasificación supervisada buscan incorporar la experiencia del intérprete en la definición de las clases a ser representadas en el mapa. En cualquiera de estos casos, las unidades a clasificarse pueden ser tanto píxeles como segmentos y los algoritmos pueden incorporar sólo los datos de la imagen o también información complementaria. Finalmente, en el caso de la clasificación visual, el intérprete emplea su conocimiento para desarrollar el proceso de mapeo. (ARNILLAS, C.A; et al. 2012)

Un primer aspecto considerado fue la preferencia por sistemas de clasificación supervisada por permitir, en opinión del comité técnico (MINAM, UNALM y la Fundación para el desarrollo Agrario, además de otros colaboradores), facilitar la capacidad de aprender del sistema, entendiendo el "sistema" como el conjunto de personas, conocimiento y equipos digitales que deberán llevar a cabo la interpretación de las escenas. (ARNILLAS, C.A; et al. 2012)

En la búsqueda por clasificadores que soporten este tipo de clasificación, el comité técnico optó por trabajar con algoritmos basados en árboles de decisiones por tener menor cantidad de supuestos estadísticos, en comparación con los sistemas basados en otros criterios como los de máxima verosimilitud.

Árboles de decisión y algoritmos de clasificación

Los árboles de decisión, también llamados árboles de clasificación, son una serie de métodos muy flexibles de regresión y de clasificación, que pueden manejar un gran número de variables, incluso con problemas de correlación entre ellas (SALINAS, J. Y SALAZAR, C. 2006 citado por ARNILLAS, C.A; et al. 2012). Los árboles de clasificación funcionan generando particiones secuenciales del conjunto de datos inicial de tal forma que se maximicen las diferencias de la variable que se quiere clasificar. Al realizarse las divisiones de forma secuencial, se construye un esquema tipo "arborescente", donde cada rama es una regla de decisión "si-entonces" (PERICHINSKY, 2007 citado por ARNILLAS, C.A; et al. 2012). Estas reglas son más intuitivas que las generadas por otros clasificadores, como las redes neuronales, sin embargo, la gran cantidad de ramificaciones hacen que su interpretación no sea fácil.

Diversas instituciones han desarrollado programas específicos de árboles de clasificación. Una familia de ellos es la familia CLS (CLS, ID3, C4.5, C5.0, entre otros) desarrollada por RuleQuest Research Pty Ltd y que su propósito inicial es detectar relaciones estadísticas complejas. El número de ramas que puede originar varía entre dos y el número de categorías del predictor. Para determinar el tamaño del árbol utiliza pruebas de significación estadística (con ajustes de multiplicidad en las últimas versiones).

See5/C5

See5/C5 es el nombre comercial que desde 1997 reemplaza al algoritmo C4.5 que a su vez, provienen de CLS e ID3 (PERICHINSKY 2007, citado por ARNILLAS, C.A; et al. 2012). See5/C5 es considerado como una herramienta de la "minería de datos", y como tal, ha sido diseñado para analizar bases de datos que contengan cientos de miles de registros con centenares campos de todo tipo de información (RULEQUEST RESEARCH, 2012 citado por ARNILLAS, C.A; et al. 2012). Para maximizar la interpretación de los datos, los clasificadores de SEE5/C5 son expresados como "árboles de decisión". El objetivo de la herramienta es descubrir patrones y delinear categorías y usándolos para hacer predicciones (PERICHINSKY, 2007 citado por ARNILLAS, C.A; et al. 2012).

See5/C5 se aplica en diversos campos: seguros, contabilidad, recomendar lentes de contacto, compra de computadoras, determinación de créditos, tipo de fármaco a administrar, desarrollo de políticas de personal en una empresa, determinar el tipo de labor que puede desempeñar una persona, entre otros.

La clasificación del uso de la tierra dentro del National Land Cover Database 2001 de Estados Unidos, se usó el software See5. Para ello ERDAS IMAGINE creó una interface para extrapolar los modelos de árboles de decisión derivados en píxeles clasificados. Luego de comparar algunos algoritmos de clasificación, el Proyecto SERENA (Seguimiento y estudio de los recursos naturales) determinó que la mayor exactitud general (89,9%) se obtuvo con un árbol de clasificación, seguida por las redes neuronales (88,3%), y por el "support vector machine" (78,4%) y que el software utilizado para tal fin fue See5/C5 en entorno Linux. Este proyecto usó esta metodología para la cartografía periódica de la cobertura del suelo en Latinoamérica y el Caribe usando imágenes MODIS. Por otro lado, el LTA utiliza también esta metodología para el estudio de la deforestación usando imágenes LANDSAT; también la ha usado para clasificar bosques del Alto Mayo a partir de imágenes Rapid Eye. (ARNILLAS, C.A; et al. 2012)

Random Forest

Random Forest es un algoritmo de clasificación no lineal que permite identificar patrones en los datos que se incorporan como entrada de información. Dicho algoritmo construye cientos de árboles de regresión y emplea un sistema de "votos" entre el conjunto de árboles para "decidir" la clase -cada árbol calibrado es un voto, y se asigna la clase en función de cuántos votos obtiene cada una de las unidades a ser clasificadas (Breiman, L. 2001 citado por ARNILLAS, C.A; et al. 2012).

Metodologías de clasificación usadas por el equipo técnico del proyecto "Análisis de las dinámicas de cambio de cobertura de la tierra en la Comunidad Andina"

a. See5/C5 con y sin corrección radiométrica

Con esta metodología las clases del nivel 1 y las clases del nivel 2 de la leyenda son bien detectadas y delimitadas con esta metodología a excepción de las correspondientes a las áreas artificializadas (nivel 1 y nivel 2). En el nivel 3, los afloramientos rocosos, las zonas arenosas naturales, los glaciares, las zonas quemadas y los bofedales bien definidos, fueron muy bien definidos con el uso del clasificador elaborado a partir de SEE5/C5. Por lo que si se quiere mapificar las otras áreas del nivel 3 y las áreas artificializadas de la leyenda, se requiere realizar una interpretación visual, que dependiendo de la imagen, podría tomar tiempo. (ARNILLAS, C.A; et al. 2012)

b. Análisis visual y método híbrido modificado

Interpretación visual

Se interpreta visualmente, para lo cual se usa el programa Arc GIS 9.3. La escala de trabajo es de 1:40 000 a 1:50 000 y cuando se necesita digitalizar áreas menores a 25 ha o complicadas, se trabaja hasta con una escala de 1:15 000. La combinación de bandas usada es 453, pero se podría emplear algún otro tipo de combinación de bandas o realce (proporcionado por el mismo programa) según los requerimientos del intérprete. (ARNILLAS, C.A; et al. 2012)

Método híbrido modificado

Se siguió el protocolo del método híbrido del protocolo ecuatoriano (MAE) con algunas variaciones. A continuación se hace una reseña del protocolo tal como debe implementarse.

El primer paso es la realización de la segmentación con el programa ENVI y posteriormente se rasteriza la segmentación. Se clasifica la imagen de manera no supervisada con el programa ERDAS y se genera un archivo con 255 clases. Luego se realiza un proceso iterativo de selección de clases con alta separabilidad espectral. El proceso fue implementado usando también ERDAS y una hoja de cálculo Excel. La hoja de cálculo lee el reporte de separabilidad generado en ERDAS y determina las clases que están correlacionadas para su posterior eliminación en la ventana de edición de firmas espectrales (Signature Editor). (ARNILLAS, C.A; et al. 2012)

Posteriormente se realiza una clasificación supervisada con ERDAS, obteniéndose una imagen con atributos para las 255 clases. Esta imagen obtenida recibió un post proceso en ArcGis a fin de mantener solo las clases con información generadas. A cada una de las clases se les asigna una categoría de la leyenda. El proceso de asignación de atributos temáticos se realiza visualmente utilizando como referencia la imagen satelital, en este caso se usó la combinación de bandas 543. Esta imagen de referencia permitió reasignar atributos temáticos a las clases discriminadas por la clasificación automática. El proceso se realiza clase por clase (una a la vez) y se continua hasta que todos los registros del tuvieran asignada una clase de la leyenda. Una vez asignadas las clases a los segmentos, y a diferencia del protocolo ecuatoriano, se realizó una unión de los polígonos mediante la herramienta dissolve de ArcGis, con el fin de reducir la cantidad de polígonos y que estos sean de mayor tamaño. (ARNILLAS, C.A; et al. 2012)

Posteriormente se procedió a realizar una revisión visual y una edición manual, de modo que se corrigieron las clases mal asignadas y se redefinieron los límites de polígonos. Luego se interpretó visualmente para determinar los niveles de la leyenda que no se pudieron obtener mediante el proceso realizado. (ARNILLAS, C.A; et al. 2012)

Se observaron algunos problemas con este procesamiento. El problema principal con la interpretación visual fue el avance algo lento debido a la complejidad de la leyenda y a la escala de trabajo (de 1:40 000 a 1:15 000). Por otro lado, la segmentación automática con ENVI dio como resultado un archivo bastante "pesado" (con muchos segmentos), lo que lo hizo difícil de trabajar. Debido a que el archivo resultante debe ser editado, su gran tamaño hace que el procesamiento sea bastante lento. Además, la segmentación automática produjo límites que no siempre dividieron bien las clases. También hubo errores en la asignación de clases así como clases iguales fueron separadas. Todos estos problemas tuvieron que ser editados manualmente. (ARNILLAS, C.A; et al. 2012)

c. See5/C5 con segmentos como áreas de entrenamiento

Esta prueba busca evaluar la segmentación como herramienta para simplificar el trabajo de los intérpretes al momento de definir las áreas de entrenamiento. Es decir, se mantuvieron los píxeles como unidad de análisis y se reemplazó el trabajo del intérprete de dibujar las áreas de entrenamiento por un trabajo de selección de segmentos. (ARNILLAS, C.A; et al. 2012)

Con esta metodología no se obtuvieron buenos resultados en las primeras iteraciones de la clasificación supervisada (con SEE5/C5) a nivel de toda la escena, puesto que la selección de áreas de entrenamiento no fueron las idóneas para la escena, siendo una gran limitante restringirse sólo a un área dentro de la escena para la representación de áreas de entrenamientos. El resultado de las últimas iteraciones mejoró, sin embargo no cubre en su totalidad las características que muestra la imagen. (ARNILLAS, C.A; et al. 2012)

d. Random Forest sobre segmentos

La metodología se basa en una clasificación supervisada sobre segmentos, incorporando información complementaria disponible para la imagen. Como clasificador se viene probando el RandomForest. Para el presente estudio se viene usando la implementación sobre RandomForest del programa R (v.2.14.0). En ese sentido, el procesamiento de la información requiere la construcción de tres conjuntos de datos: en primer lugar, las áreas de referencia, que incluyen a las áreas de entrenamiento; en segundo lugar, los segmentos; y en tercer lugar, una base de datos con información complementaria. Todo este procesamiento parte de la revisión de las imágenes ortorrectificadas. (ARNILLAS, C.A; et al. 2012)

e. Método híbrido-Isodata

Este método de clasificación se basa en el protocolo de interpretación de imágenes de Ecuador (MAE, Socio Bosque, y CONDESAN 2010), y su aplicación se dio en el marco del proceso de capacitación realizado por el equipo de Ecuador. El método híbrido parte de segmentos construidos empleando la función Feature Extraction del ENVI. En base a esos segmentos, se promedia la información de cada banda. Con esta información se generan 255 clases empleando un algoritmo no supervisado.

Posteriormente dichas clases se van agrupando siguiendo un criterio de máxima separabilidad entre las clases que quedan. Finalmente, se asignan las clases resultantes a las clases que se pueden reconocer en la imagen de forma visual (combinación de bandas 453).

El ejercicio fue desarrollado para evaluar su viabilidad como parte del protocolo para el Perú, sin embargo no se concluyó su aplicación. El principal motivo que guio la suspensión de su aplicación fue que se trataba de un procedimiento muy trabajoso para su edición. Sin embargo, no fue la única consideración. También parecía recomendable incorporar en el procesamiento otros datos que se obtenían de la segmentación, como los parámetros de textura o información de máximas y mínimas de los valores de las bandas.

2.3 Resultados de los métodos

Los resultados de la aplicación de los métodos fueron comparados y se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 3: Comparación de resultados de diferentes métodos

Método	Avance	PCC	Kappa	Comentarios	
a	See5/C5 con y sin corrección radiométrica	Completo	85.80%	0.782	La evaluación de estos procesos dio por resultado gran similitud entre ambos resultados, por lo que los análisis se fusionaron.
b	Análisis visual y método híbrido modificado	Incompleto			El proceso de edición y limpieza se evaluó como muy lento y trabajoso
c	See5/C5 con segmentos como áreas de entrenamiento	Incompleto			Resultados parciales insatisfactorios.
d	Random Forest sobre segmentos	Completo	86.70%	0.8	--
e	Método híbrido-Isodata	Incompleto			El proceso de edición y limpieza se evaluó como muy lento y trabajoso

Fuente: ARNILLAS, C.A; et al. 2012

2.4 Selección del método a usar en la clasificación de Coberturas y Usos del Territorio de la provincia de Picota

De acuerdo a la comparación de métodos realizado por el MINAM en el proyecto "Análisis de las dinámicas de cambio de cobertura de la tierra en la Comunidad Andina", obtuvieron como resultado que el método del Random Forest sobre segmentos, dio mejores valores para los indicadores de calidad: Porcentaje Correctamente Clasificado (PCC) e índice de Kappa (Cuadro 3).

En ese sentido, para el desarrollo del presente estudio se optó por el método **Random Forest sobre segmentos**, con el uso de la leyenda CORINE Land Cover (CLC) adaptada para Perú escala 1/100,000.

III. DESCRIPCIÓN DE LA CLASIFICACIÓN DE COBERTURA DE USO ACTUAL DEL TERRITORIO DE LA PROVINCIA DE PICOTA

Las clases de cobertura y uso del territorio que fueron tomadas en cuenta en la clasificación, forman parte del resultado de un proceso participativo desarrollado con los miembros del Equipo Técnico N°1 de la mesa REDD San Martín y del MINAM, quienes aportaron a la definición de la estructura de la leyenda de cobertura y uso del territorio para la provincia de Picota.

El nivel de detalle de la clasificación (nivel II y III en el esquema de la leyenda) se ve limitado por la resolución de la imagen satelital, la escala de trabajo y finalmente, la necesidad de contar con resultados más específicos. Para el presente estudio se optó de manera consensuada que la clasificación para determinadas coberturas y usos se determinen hasta el nivel II y III, además de la adición del uso correspondiente al Cultivo de arroz por encontrarse de manera significativa a lo largo del área de estudio.

En ese sentido, de acuerdo al esquema de la leyenda CORINE Land Cover, en la provincia de Picota se identificaron 2 coberturas o tipos de uso del territorio al Nivel II y 8 al Nivel III.

Cuadro 4: Representación de los tipos de coberturas y uso del territorio en la Provincia de Picota

Código de leyenda	Descripción	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
111	Tejido urbano continuo	667.96	0.32
211	Cultivo de arroz	6,785.08	3.30
23	Pastos	16,513.48	8.02
24	Áreas agrícolas heterogéneas	36,871.57	17.91
313	Bosque denso alto	93,580.88	45.46
333	Vegetación secundaria o en transición	48,138.50	23.39
341	Áreas arenosas naturales	547.41	0.27
342	Afloramientos rocosos	493.98	0.24
346	Salares	30.43	0.01
511	Ríos	2,216.80	1.08
Total		205,846.08	100.00

Fuente: Elaboración propia, 2014

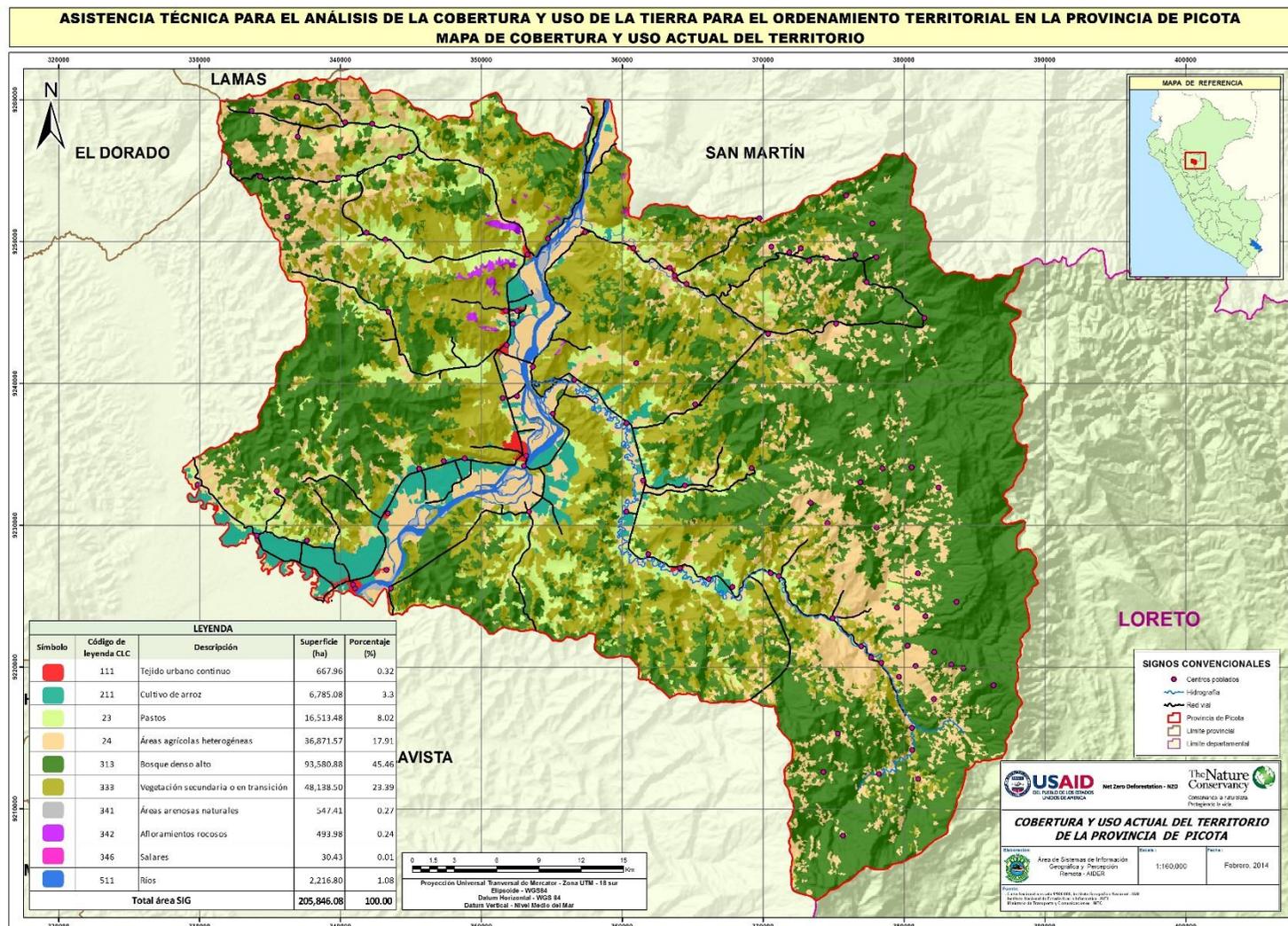
Cuadro 5: Representación de los tipos de coberturas y uso del territorio en los distritos de la provincia de Picota

Departamento	Provincia	Distritos	Código de leyenda	Descripción	Área (ha)
San Martín	Picota	Buenos Aires	342	Afloramientos rocosos	332.05
San Martín	Picota	Buenos Aires	24	Áreas agrícolas heterogéneas	6,344.81
San Martín	Picota	Buenos Aires	341	Áreas arenosas naturales	75.05
San Martín	Picota	Buenos Aires	313	Bosque denso alto	7,431.86
San Martín	Picota	Buenos Aires	211	Cultivo transitorio (arroz)	11.86
San Martín	Picota	Buenos Aires	23	Pastos	5,079.69
San Martín	Picota	Buenos Aires	511	Ríos	367.97
San Martín	Picota	Buenos Aires	111	Tejido urbano continuo	44.33
San Martín	Picota	Buenos Aires	333	Vegetación secundaria o en transición	8,037.56
San Martín	Picota	Caspisapa	24	Áreas agrícolas heterogéneas	1,459.73
San Martín	Picota	Caspisapa	341	Áreas arenosas naturales	69.83
San Martín	Picota	Caspisapa	313	Bosque denso alto	6,058.23
San Martín	Picota	Caspisapa	211	Cultivo transitorio (arroz)	1,177.65
San Martín	Picota	Caspisapa	23	Pastos	476.57
San Martín	Picota	Caspisapa	511	Ríos	171.26
San Martín	Picota	Caspisapa	111	Tejido urbano continuo	24.93
San Martín	Picota	Caspisapa	333	Vegetación secundaria o en transición	1,089.74
San Martín	Picota	Picota	24	Áreas agrícolas heterogéneas	2,267.22
San Martín	Picota	Picota	341	Áreas arenosas naturales	139.13
San Martín	Picota	Picota	313	Bosque denso alto	4,642.76
San Martín	Picota	Picota	211	Cultivo transitorio (arroz)	1,477.41
San Martín	Picota	Picota	23	Pastos	2,445.66
San Martín	Picota	Picota	511	Ríos	826.48
San Martín	Picota	Picota	111	Tejido urbano continuo	205.21
San Martín	Picota	Picota	333	Vegetación secundaria o en transición	7,153.93
San Martín	Picota	Pilluana	24	Áreas agrícolas heterogéneas	1,128.56
San Martín	Picota	Pilluana	341	Áreas arenosas naturales	92.37
San Martín	Picota	Pilluana	313	Bosque denso alto	1,710.54
San Martín	Picota	Pilluana	211	Cultivo transitorio (arroz)	85.72
San Martín	Picota	Pilluana	23	Pastos	729.63
San Martín	Picota	Pilluana	511	Ríos	164.45
San Martín	Picota	Pilluana	346	Salares	30.43
San Martín	Picota	Pilluana	111	Tejido urbano continuo	41.80
San Martín	Picota	Pilluana	333	Vegetación secundaria o en transición	3,441.55
San Martín	Picota	Pucacaca	342	Afloramientos rocosos	161.93
San Martín	Picota	Pucacaca	24	Áreas agrícolas heterogéneas	2,779.98
San Martín	Picota	Pucacaca	341	Áreas arenosas naturales	82.50
San Martín	Picota	Pucacaca	313	Bosque denso alto	6,166.82
San Martín	Picota	Pucacaca	211	Cultivo transitorio (arroz)	557.22
San Martín	Picota	Pucacaca	23	Pastos	1,946.73
San Martín	Picota	Pucacaca	511	Ríos	453.45

Informe Final de la consultoría "Asistencia técnica para el análisis de la cobertura y uso de la tierra para el ordenamiento territorial en la provincia de Picota"

San Martín	Picota	Pucacaca	111	Tejido urbano continuo	115.53
San Martín	Picota	Pucacaca	333	Vegetación secundaria o en transición	8,144.06
San Martín	Picota	San Cristóbal	24	Áreas agrícolas heterogéneas	625.89
San Martín	Picota	San Cristóbal	341	Áreas arenosas naturales	32.28
San Martín	Picota	San Cristóbal	313	Bosque denso alto	,111.23
San Martín	Picota	San Cristóbal	211	Cultivo transitorio (arroz)	451.03
San Martín	Picota	San Cristóbal	23	Pastos	240.77
San Martín	Picota	San Cristóbal	511	Ríos	137.64
San Martín	Picota	San Cristóbal	111	Tejido urbano continuo	31.23
San Martín	Picota	San Cristóbal	333	Vegetación secundaria o en transición	755.48
San Martín	Picota	San Hilarión	24	Áreas agrícolas heterogéneas	1,202.81
San Martín	Picota	San Hilarión	341	Áreas arenosas naturales	56.26
San Martín	Picota	San Hilarión	313	Bosque denso alto	1,124.90
San Martín	Picota	San Hilarión	211	Cultivo transitorio (arroz)	2,163.48
San Martín	Picota	San Hilarión	23	Pastos	996.24
San Martín	Picota	San Hilarión	511	Ríos	36.85
San Martín	Picota	San Hilarión	111	Tejido urbano continuo	134.16
San Martín	Picota	San Hilarión	333	Vegetación secundaria o en transición	583.36
San Martín	Picota	Shamboyacu	24	Áreas agrícolas heterogéneas	11,375.38
San Martín	Picota	Shamboyacu	313	Bosque denso alto	27,028.16
San Martín	Picota	Shamboyacu	23	Pastos	588.49
San Martín	Picota	Shamboyacu	333	Vegetación secundaria o en transición	3,190.58
San Martín	Picota	Tingo de Ponasa	24	Áreas agrícolas heterogéneas	4,328.67
San Martín	Picota	Tingo de Ponasa	313	Bosque denso alto	13,336.91
San Martín	Picota	Tingo de Ponasa	211	Cultivo transitorio (arroz)	860.71
San Martín	Picota	Tingo de Ponasa	23	Pastos	3,396.31
San Martín	Picota	Tingo de Ponasa	111	Tejido urbano continuo	34.11
San Martín	Picota	Tingo de Ponasa	333	Vegetación secundaria o en transición	11,361.65
San Martín	Picota	Tres Unidos	24	Áreas agrícolas heterogéneas	5,358.53
San Martín	Picota	Tres Unidos	313	Bosque denso alto	23,969.46
San Martín	Picota	Tres Unidos	23	Pastos	613.38
San Martín	Picota	Tres Unidos	511	Ríos	58.69
San Martín	Picota	Tres Unidos	111	Tejido urbano continuo	36.66
San Martín	Picota	Tres Unidos	333	Vegetación secundaria o en transición	4,380.60
Total					205,846.08

Fuente: Elaboración propia, 2014



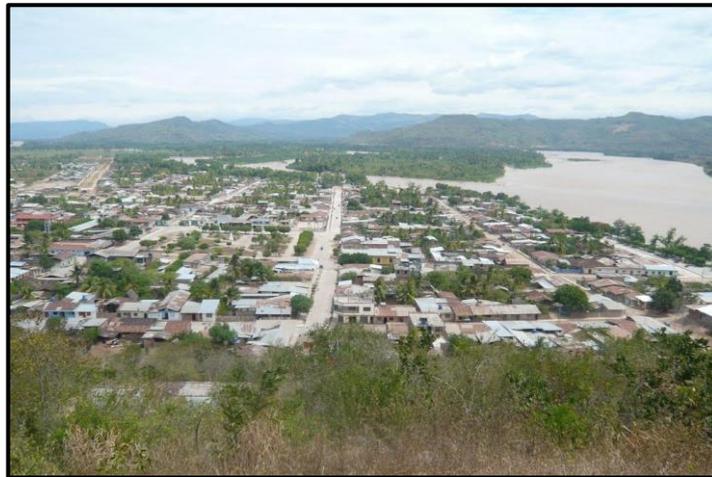
Mapa 2: Cobertura y uso actual del territorio de la provincia de Picota

A continuación se detalla la clasificación desde el primer nivel que contiene la clasificación definitiva dada a cada tipo de uso del territorio.

- 1. Territorios artificializados (Nivel I):** Comprende las áreas de las ciudades y las poblaciones, además de aquellas áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio del uso del suelo hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativos.

1.1.1 Tejido urbano continuo (Nivel III): Son espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. Las edificaciones, vías y superficies cubiertas artificialmente cubren más de 80% de la superficie del terreno. La vegetación y el suelo desnudo representan una baja proporción del área del tejido urbano.

En la provincia de Picota esta clase está representada por 667.96 hectáreas (ha), viéndose conformada principalmente por la capital provincial Villa Picota, representando el 0.32% de toda la Provincia.



Fotografía 1: Villa Picota



Figura 1: Representación de áreas urbanas, imagen Landsat 8 OLI, combinación de banda 654

- 2. Áreas agrícolas (Nivel I):** Son los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos en rotación y en descanso o barbecho. Comprende las áreas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas.

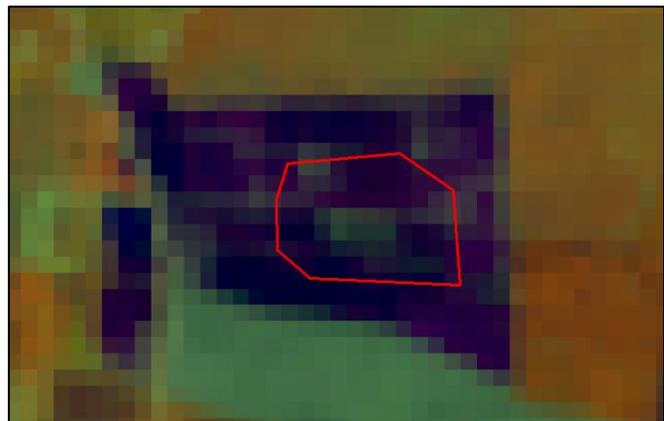
2.1.1 Cultivo transitorio de arroz (Nivel III): Comprende los territorios dedicados a cultivos de arroz, los cuales pueden encontrarse en diferentes periodos vegetativos, ya sea bajo riego, o en época de cosecha o recién sembrados, en esta clasificación también se consideraron a los terrenos que se encuentran en preparación para la instalación de este cultivo.

En la provincia de Picota esta clase abarca aproximadamente 6785.08 hectáreas (ha), representando el 3.30 % del total del área de la Provincia Picota.



Fotografía 2: Cultivo de arroz bajo riego

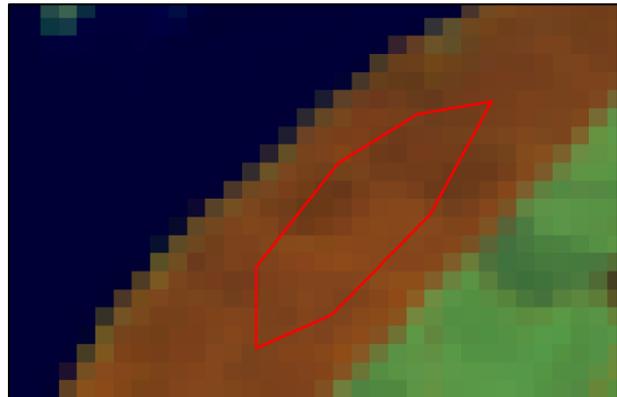
Figura 2: Representación de cultivos de arroz bajo riego, imagen Landsat 8 OLI, combinación de banda 564





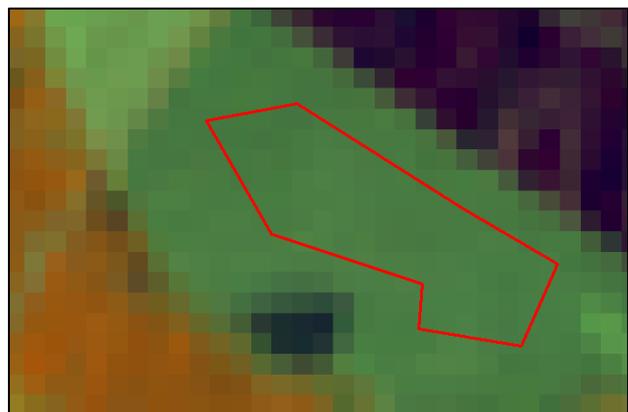
Fotografía 3: Cultivo de arroz en producción

Figura 3: Representación de cultivos de arroz en producción, imagen Landsat 8 OLI, combinación de banda 564



Fotografía 4: Terrenos preparados para la instalación de cultivos de arroz

Figura 4: Representación de terrenos preparados para cultivos de arroz, imagen Landsat 8 OLI, combinación de banda 564



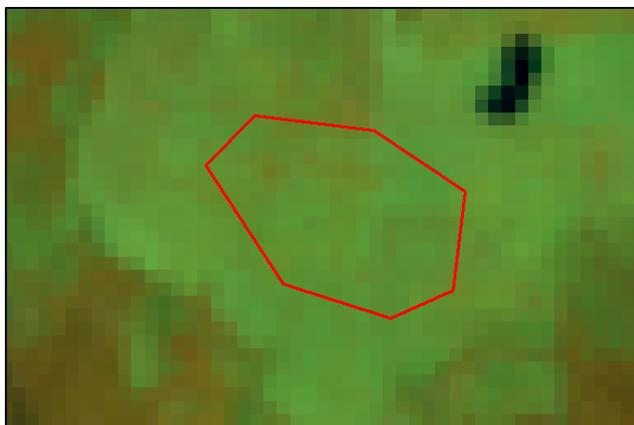
2.3 Pastos (Nivel II): Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística, dedicadas al pastoreo permanente por un período de dos o más años. Algunas de las categorías definidas pueden presentar anegamientos temporales o permanentes cuando están ubicadas en zonas bajas o en depresiones del terreno. Una característica de esta cobertura es que en un alto porcentaje su presencia se debe a la acción antrópica, referida especialmente a su plantación, con la introducción de especies no nativas principalmente, y en el manejo posterior que se le hace.

Con el presente estudio se han identificado 16,513.48 ha dedicadas a este tipo de cobertura, representando el 8.02% de la Provincia de Picota.



Fotografía 5: Pastos

Figura 5: Representación de pastizales, imagen Landsat 8 OLI, combinación de banda 564



2.4 Áreas agrícolas heterogéneas (Nivel II): Son unidades que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y naturales, dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricos que hace difícil su separación en coberturas individuales; los arreglos geométricos están relacionados con el tamaño reducido de los predios, las condiciones locales de los suelos, las prácticas de manejo utilizadas y las formas locales de tenencia de la tierra.

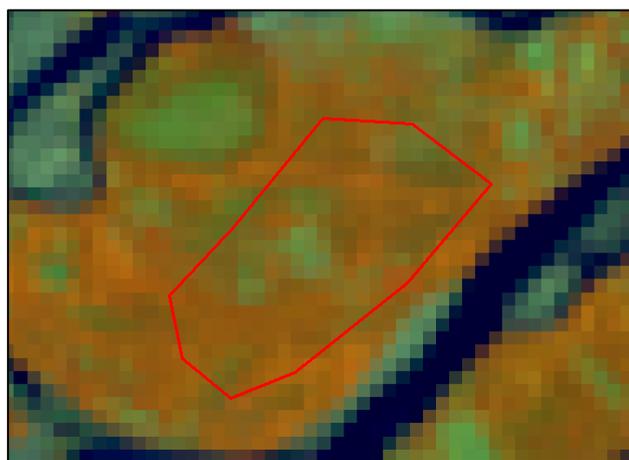
En la provincia de Picota los principales suelos destinados a cultivos agrícolas anuales se encuentran en los suelos aluviales que son los que se encuentran al margen principal de

los ríos Huallaga y Panasa. En el estudio este tipo de cobertura representa aproximadamente 36,871.57 ha, representando el 17.91% del territorio provincial.



Fotografía 6: Áreas agrícolas

Figura 6: Representación de áreas agrícolas heterogéneas, imagen Landsat 8 OLI, combinación de banda 564



3. **Bosques y áreas mayormente naturales (Nivel I):** Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales que son el resultado de procesos climáticos; también por aquellos territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos y arenosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos de degradación.

3.1 Bosques (Nivel II): Comprende las áreas naturales o seminaturales, constituidas principalmente por elementos arbóreos de especies nativas o exóticas. Los árboles son plantas leñosas perennes con un solo tronco principal, que tiene una copa más o menos definida. De acuerdo con FAO (2001), esta cobertura comprende los bosques naturales y las plantaciones.

Para efectos de clasificación de unidades de esta leyenda, los bosques son determinados por la presencia de árboles que deben alcanzar una altura del dosel superior a los cinco metros. Para efectos de la caracterización de las unidades de esta leyenda, la densidad se definió como el porcentaje de cobertura de la copa. Por su parte, la cobertura de la copa, en este documento, corresponde al porcentaje del suelo o del terreno ocupado por la proyección perpendicular de la vegetación (estratificación horizontal) en su conjunto, o por uno de sus estratos o especies (FAO, 1996).

3.1.3 Bosque denso alto (Nivel III): Corresponde a las áreas con vegetación de tipo arbóreo caracterizada por un estrato más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, con altura del dosel superior a 5 metros.

Con el estudio se identificó aproximadamente 93,580.88 ha de este tipo de cobertura representando el 45.46 % del territorio provincial.



Fotografía 7: Bosque denso alto

Figura 7: Representación de Bosque denso alto, imagen Landsat 8 OLI, combinación de banda 564



3.3.3 Vegetación secundaria o en transición (Nivel III): Este tipo de cobertura comprende a la que es originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se presenta luego de la intervención de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. Se desarrolla en zonas desmontadas para diferentes usos, en áreas agrícolas abandonadas y en zonas donde por la ocurrencia de eventos naturales la vegetación natural fue destruida.

Entre las principales actividades que conllevan al cambio de la cobertura boscosa son la agricultura y la ganadería, actividades que al no ser sostenibles en el tiempo dan paso al desarrollo de vegetación en sucesión. En la zona de estudio se identificaron 48,138.50 ha representando el 23.39% del territorio provincial.



Figura 8: Representación de vegetación secundaria o en transición, imagen Landsat 8 OLI, combinación de banda 564

3.4 Áreas sin o con poca vegetación (Nivel II): Comprende aquellos territorios en los cuales la cobertura vegetal no existe o es escasa, compuesta principalmente por suelos desnudos y quemados, así como por coberturas arenosas y afloramientos rocosos.

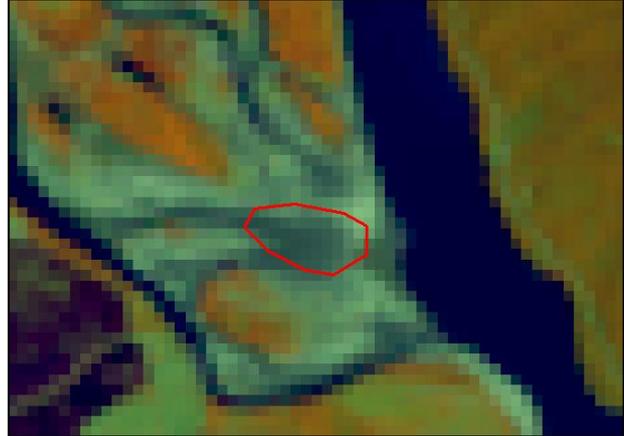
3.4.1 Áreas arenosas naturales (Nivel III): Son terrenos bajos y planos constituidos principalmente por suelos arenosos, por lo general desprovistos de vegetación o cubiertos por una vegetación de tipo arbusto ralo y bajo. Se encuentran conformando playas de ríos y bancos de arena de los ríos.

Las áreas arenosas identificadas con el estudio fueron 547.41 ha aproximadamente.



Fotografía 8: Áreas arenosas naturales

Figura 9: Representación de áreas arenosas naturales, imagen Landsat 8 OLI, combinación de banda 564



3.4.2 Afloramientos rocosos (Nivel III): Son áreas en las cuales la superficie del terreno está constituida por capas de rocas expuestas, sin desarrollo de vegetación o raramente instalada, generalmente dispuestas en laderas abruptas, formando escarpes y acantilados.

Los afloramientos rocosos fueron identificados mayormente en la parte noroeste de la provincia Picota. Este tipo de cobertura se encuentra de dos modos, uno en la que la cobertura forma parte del paisaje como un elemento más y otro en el que aflora por los cambios en la cobertura inicial, estos cambios dejan el suelo desprovisto de la vegetación que lo cubría y conllevan a la pérdida del recurso –suelo-.

La clasificación permitió identificar aproximadamente 493.98 ha de este tipo de cobertura.



Fotografía 9: Afloramiento rocosos

Figura 10: Representación de áreas rocosas, imagen Landsat 8 OLI, combinación de banda 564



3.4.6 Salares (Nivel III): Los salares constituyen depósitos naturales de sal, que en muchos casos tienen su origen en la desintegración de rocas volcánicas.

En la zona norte de la provincia de Picota se tiene la presencia de sales y yeso, este tipo de condiciones naturales no son muy visibles en las imágenes de satélites, además que no son áreas muy extensas, por lo que se debió delimitar manualmente este tipo de cobertura, lográndose cartografiar 30.43 ha.

5. Superficies de agua (Nivel I): Son los cuerpos y cauces de aguas permanentes, intermitentes y estacionales, localizados en el interior del continente.

5.1 Aguas continentales (Nivel II): Son cuerpos de aguas permanentes, intermitentes y estacionales que comprenden lagos, lagunas, ciénagas, depósitos y estanques naturales o artificiales de agua dulce (no salina), embalses y cuerpos de agua en movimiento, como los ríos y canales.

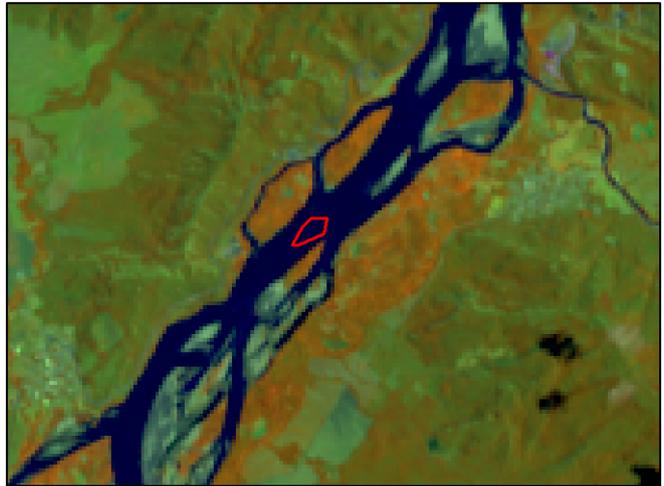
5.1.1 Ríos (Nivel III): Un río es una corriente natural de agua que fluye con continuidad, posee un caudal considerable y desemboca en el mar, en un lago o en otro río. Se considera como unidad mínima cartografiable aquellos ríos que presente un ancho del cauce mayor o igual a 50 metros.

Para el estudio este tipo de cobertura se complementó mediante la digitalización de los principales ríos identificados en la zona de estudio, esta capa reemplazó a los ríos que con la clasificación no fueron adecuadamente clasificados. Con este tipo de cobertura natural se tiene aproximadamente 2,216.8 ha.



Fotografía 10: Río Huallaga

Figura 11: Representación de ríos, imagen Landsat 8 OLI, combinación de banda 564



IV. CONCLUSIONES

- Se elaboró el estudio de cobertura y uso actual del territorio de la provincia de Picota. El estudio comprendió el uso de la metodología Random Forest sobre segmentos y el uso de la leyenda CORINE Land Cover. El desarrollo de la metodología se vio complementada con la validación en campo de los resultados obtenidos, teniendo al final del proceso un mapa con el 93.3% de confiabilidad.
- Los resultados muestran que el área de estudio ha tenido una gran impacto por el cambio de uso del suelo, teniéndose al año 2013 los siguientes tipos de coberturas y usos del territorio: 93,580.88 hectáreas (ha) de bosques (45.46%); 48,138.50 ha de vegetación secundaria (23.39%); áreas agrícolas heterogéneas con 36,871.57 ha (17.91%), pastos con 16,513.48 ha (8.02%); cultivos de arroz con 6,785.08 (3.30%); tejido urbano con 667.96 ha (0.32%); entre otras áreas cartografiadas están los ríos con 2,216.80 ha (1.08%); áreas arenosas naturales con 547.41 ha (0.27%); afloramientos rocosos con 493.98 ha (0.24%); salares con 30.43 ha (0.01%). Todos estos tipos de coberturas identificados en la provincia de Picota que cuenta con una superficie de 205,846.08 ha.
- Las clases identificadas en el mapa de cobertura y uso del territorio en la provincia de Picota fueron: Tejido urbano continuo, pastos, áreas agrícolas heterogéneas, bosque denso alto, vegetación secundaria, áreas arenosas naturales, afloramientos rocosos, salares y ríos, además de la adición de la clase cultivo de arroz.
- El mapa temático de cobertura y uso actual del territorio de la provincia de Picota fue elaborado a una escala de trabajo de 1:50,000 y con una escala de presentación de 1:175,000. El mapa muestra información cualitativa y cuantitativa, además de la distribución de las principales coberturas y usos del territorio.

V. DIFICULTADES ENCONTRADAS

El proceso de ejecución del presente estudio no presentó mayores dificultades puesto que la metodología desarrollada era de conocimiento del equipo técnico, sin embargo la fase de campo presentó solo una limitación, la misma que, estuvo relacionada con el hecho de que algunos puntos de validación se ubicaron en predios privados, y que los propietarios no permitieron el ingreso a su propiedad, evitando de este modo la verificación del punto de validación, para lo cual se debe considerar la recomendación de tener mayor cantidad de puntos de validación para suplir los que no podrían ser validados ante alguna eventualidad.

VI. RECOMENDACIONES

- La información generada puede ser utilizada por diversas instancias del Gobierno Local y Regional, ya que el mapa muestra la distribución espacial de los principales tipos de coberturas y usos del territorio de la provincia Picota. En ese sentido puede servir para priorizar las zonas a conservar como los bosques, o las áreas con amenazas por actividades de producción (agricultura y ganadería).

- La información generada debería ser actualizada anualmente, a fin de verificar la evolución de los cambios en los diferentes tipos de coberturas y usos del territorio.
- Con la finalidad de modelar escenarios futuros del tipo de cobertura y uso para la zona de estudio, se recomienda tener como mínimo dos años evaluados a fin de comparar los cambios surgidos y en base a ello proyectar los futuros cambios.
- Si se desea realizar comparaciones entre los resultados obtenidos con la presente clasificación y otra que podría obtenerse mediante otra metodología, se recomienda usar los mismos insumos (imágenes satelitales principalmente) y con la misma fecha de captura.
- Para la validación del mapa, considerar puntos extras antes cualquier eventualidad de no poder verificar los que inicialmente se definieron.

VI. BIBLIOGRAFIA

ARNILLAS, C.A; BARRENA, V; LLACTAYO, W; ORTÍZ, H; REGAL, F; RUBÍN DE CELIS, E; VÁSQUEZ, P; DRENKHAN, F; LLERENA, C.E; ESPINO, P; GARCÍA, V; GONZÁLES-ZÚÑIGA, S; GUSHIKEN, E; LÓPEZ, D. Y VÁSQUEZ, R. 2012. Informe Final del Proyecto: Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina. Componente Nacional Perú – Primera Etapa. Centro de Datos para la Conservación (CDC-UNALM). Laboratorio de Teledetección (LTAUNALM). Dirección General de Ordenamiento Territorial - Ministerio del Ambiente (DGOT - MINAM). Fundación para el Desarrollo Agrario (FDA). Lima -Perú. 56 p. En línea: http://geoservidor.minam.gob.pe/geoservidor/archivos/download/Informe_final_CUT.pdf

MINAM, 2013. En línea: <http://sinia.minam.gob.pe/index.php?accion=verElemento&idElementoInformacion=1348>

ANEXOS

Anexo 1: Leyenda propuesta para la provincia de Picota⁴

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV	
1. Áreas Artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo		
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo		
	1.2. Áreas industriales e infraestructura	1.2.1. Áreas industriales o comerciales		
		1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados		
		1.2.3. Áreas portuarias		
		1.2.4. Aeropuertos		
		1.2.5. Obras hidráulicas		
	1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras	1.3.1. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos		Domo Salino (Piyuani)
		1.3.2. Áreas de disposición de residuos		
	1.4. Áreas verdes artificializadas, no agrícolas	1.4.1. Áreas verdes urbanas		
1.4.2. Instalaciones recreativas				
2. Áreas Agrícolas	2.1 Cultivos transitorios	2.1.1 Cultivo transitorio de arroz		
	2.2 Cultivos permanentes			
	2.3 Pastos			
	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas			
	2.5 Mosaico de áreas agrícolas y áreas mayormente naturales			
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques	3.1.1. Bosque denso bajo		
		3.1.2. Bosque abierto bajo		
		3.1.3. Bosque denso alto		
		3.1.4. Bosque abierto alto		
		3.1.5. Bosque fragmentado		
	3.2. Bosques secundarios/Plantados			
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal		3.3.1.1 Herbazal denso 3.3.1.2 Herbazal abierto
		3.3.2. Arbustal		3.3.2.1 Arbustal denso 3.3.2.2 Arbustal abierto
		3.3.3. Vegetación secundaria o en transición		3.3.3.1 Vegetación arbustiva / herbácea densa 3.3.3.2 Vegetación arbustiva / herbácea abierta
		3.3.4. Vegetación arbustiva / herbácea		
		3.3.5. Arbustal / área intervenida		
		3.3.6. Herbazal / área intervenida		
		3.3.7. Arbustal-Herbazal/área intervenida		
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales		
		3.4.2. Afloramientos rocosos		
		3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)		
		3.4.4. Áreas quemadas		
3.4.5. Glaciares				
3.4.6. Salares				
4. Áreas húmedas	4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.1. Áreas Pantanosas		
		4.1.2. Turberas y bofedales		
		4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua		
	4.2 Áreas húmedas costeras	4.2.1. Pantanos costeros		
		4.2.2. Salitral		
		4.2.3. Sustratos y sedimentos expuestos en bajamar		
5. Superficies de Agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)		
		5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes		
		5.1.3. Lagunas, lagos y ciénagas naturales estacionales		
		5.1.4. Canales		
		5.1.5. Cuerpos de agua artificiales		
	5.2 Aguas costeras	5.2.1. Lagunas costeras		
		5.2.2. Mares y océanos		
		5.2.3. Estanques para acuicultura marina		
6. Nubes	6.1 Nubes			
	6.2 Sombras			

⁴ Se consideraron a las clases resaltadas. Las clases fueron seleccionadas en el taller (15 al 17 de enero de 2014) de presentación de la metodología con los miembros del Equipo Técnico N°1 de la Mesa REDD de San Martín y del MINAM.

Anexo 2: Lista de Participantes Taller Metodología CORINE Land Cover